
**Nanotechnologies — Méthodologie de
classification et catégorisation des
nanomatériaux**

*Nanotechnologies — Methodology for the classification and
categorization of nanomaterials*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 11360:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-
3a1910809c15/iso-tr-11360-2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010)



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 11360:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2010

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Structure de l'«arbre-nano».....	1
3 Description détaillée de l'«arbre-nano»	2
4 Conclusion	3
Bibliographie.....	23

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 11360:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 11360 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*.

Introduction

L'existence d'une gamme étendue de nanomatériaux présentant diverses propriétés physiques, chimiques, mécaniques, optiques, magnétiques et biologiques, ainsi que différentes structures internes/externes, met en évidence l'importance de concevoir un système permettant de classer ces matériaux par catégorie de façon logique. Le présent Rapport technique propose une méthodologie complète de classification et de catégorisation de divers nanomatériaux. Ce système de classification conçu sous forme d'arborescence, désigné ci-après par le terme «arbre-nano», bien qu'il considère les éléments les plus fondamentaux et généraux comme le tronc principal de l'arbre, différencie les nanomatériaux en fonction de leur structure interne/externe, de leur nature chimique, ainsi que de leurs propriétés physiques, mécaniques, biologiques et autres.

La classification et la catégorisation des nanomatériaux suivant une approche systématique et avec une hiérarchie logique entre les divers secteurs peuvent être utiles dans les nombreuses disciplines scientifiques et techniques impliquées dans la recherche, l'industrie et le secteur public. En raison des différences de contexte et d'exigences, les connaissances et les hypothèses relatives à ces concepts scientifiques émergents peuvent être radicalement divergentes. Il peut en résulter des erreurs de communication, un manque d'interopérabilité entre systèmes, et une redondance des efforts déployés par les groupes s'efforçant de définir les concepts et d'identifier les besoins en normes selon diverses perspectives. La diffusion publique de l'«arbre-nano» s'avère avantageuse pour l'industrie, le consommateur, les pouvoirs publics et les autorités réglementaires, et permet ainsi de promouvoir une communication claire et utile. Le système de classification dit «arbre-nano» peut être utilisé pour mettre en contexte les concepts des nanotechnologies en identifiant les relations entre ces concepts. Ce contexte donne aux utilisateurs une vision structurée des nanotechnologies et favorise une compréhension commune de ses concepts.

Le présent Rapport technique décrit les connaissances actuelles concernant la structure et les relations dans un domaine émergent. Il est considéré comme une photographie instantanée du domaine en question et peut être réexaminé au fur et à mesure de l'évolution de ce domaine. Plutôt que de présenter une étude exhaustive des approches possibles en matière de classification des nanomatériaux, il adopte une approche explicative visant à favoriser la communication et la compréhension. Il n'est en aucun cas destiné à exclure d'autres méthodes de classification tout aussi légitimes qui peuvent être examinées maintenant ou qui le seront à l'avenir dans le domaine des nanotechnologies.

La présente classification du domaine des nanotechnologies répartit les concepts en catégories pertinentes et montre les relations entre les divers concepts. Son utilité première est d'identifier les concepts qui aident à classer correctement le domaine en question par catégorie. Ce système a plusieurs objectifs. L'objectif majeur et les fonctionnalités principales de l'«arbre-nano» proposé peuvent être résumés de la manière suivante:

- a) fournir un système de classification de base applicable aux différents types de nanomatériaux;
- b) identifier avec précision les techniques de caractérisation normalisées requises applicables aux nanomatériaux concernés (à effectuer par l'ISO/TC 229/WG 2);
- c) faciliter l'identification des caractéristiques/propriétés importantes d'un nanomatériau spécifique dans les revues scientifiques et les brevets à l'aide d'un moteur de recherche pour bases de données en fournissant les mots-clés nécessaires pour une utilisation par les groupes de travail du Comité technique ISO/TC 229, y compris le groupe de travail ISO/TC 229/WG 4 sur les caractéristiques matérielles;
- d) faciliter la conception d'un cadre pour la nomenclature requis pour élaborer une terminologie logique et systématique des nanomatériaux.

Le présent Rapport technique a été élaboré en même temps que les hiérarchies terminologiques afin d'aider à l'élaboration de définitions selon un ordre logique de priorité. Cela s'est traduit inévitablement par des divergences dans les représentations structurelles du domaine. L'«arbre-nano» est conçu pour être cohérent avec la science qui est à la base des nanotechnologies, comme indiqué clairement dans le présent Rapport technique. À l'inverse, les hiérarchies de la terminologie des nanotechnologies sont structurées selon les exigences de la logique linguistique et par le besoin d'avoir des définitions compatibles à l'intérieur de ces structures. Néanmoins, toute la méthodologie de la classification et de la catégorisation des divers nanomatériaux présentée dans le présent Rapport technique est destinée à être cohérente avec le cadre terminologique de l'ISO/TC 229. Les deux approches possèdent leurs règles de conception et leurs fondements respectifs. Les deux servent des objectifs et des besoins différents. Leur seule caractéristique commune est qu'elles se développeront dans le temps.

De plus, compte tenu du travail en cours, mentionné ci-dessus, mené en parallèle sur le développement terminologique, le but du présent Rapport technique n'est aucunement de définir des termes. Les termes approuvés par l'ISO/TC 229/WG 1 sont indiqués en italique à la Figure 2.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 11360:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010>

Nanotechnologies — Méthodologie de classification et catégorisation des nanomatériaux

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique décrit un système de classification, désigné ici «arbre-nano», reposant sur la possibilité de catégoriser un grand nombre de nanomatériaux, y compris des nano-objets, des nanostructures, et des nanocomposites de dimensions diverses et ayant des propriétés physiques, chimiques, magnétiques et biologiques différentes.

Cependant, le système de classification présenté dans le présent Rapport technique n'a pas la prétention d'englober tous les nanomatériaux.

2 Structure de l'«arbre-nano»

Compte tenu du rôle indéniable que joue l'aspect dimensionnel sur les diverses propriétés de ces matériaux, l'«arbre-nano» présenté ici utilise dans un premier temps les dimensions comme élément fondamental de la classification. Fondée sur l'analyse de la littérature scientifique réalisée dans les Références [1] à [10], l'affectation des dimensions peut se faire par deux méthodologies différentes:

- a) l'une fondée sur la dimension spatiale; [ISO/TR 11360:2010](https://standards.iso.int/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-3a1910809c15/iso-tr-11360-2010)
- b) l'autre fondée sur le confinement quantique (QC).

La méthodologie fondée sur la dimension spatiale prend en compte toute dimension externe d'un matériau à l'échelle nanométrique (entre 1 nm et 100 nm) et ne tient pas compte des dimensions supérieures à 100 nm. Donc, si deux des trois dimensions externes d'un matériau sont à l'échelle nanométrique et la troisième est supérieure à 100 nm, le matériau est considéré comme un matériau bidimensionnel (2D).

La méthodologie fondée sur le confinement quantique prend en compte le fait qu'à chaque fois que la taille d'un matériau solide devient comparable à la longueur d'onde des particules qui interagissent avec le système, un porteur libre sera confiné. Ce type de système est appelé «système à confinement quantique».

Il convient de mentionner que ces deux méthodologies présentent à la fois certains avantages et certains inconvénients lorsqu'on les compare l'une à l'autre. Par exemple, dans le cas du modèle de confinement quantique, la détermination de la dimension nécessite des informations relatives au comportement de la fonction d'onde électronique, qui ne sont pas facilement accessibles en dehors de la communauté scientifique. Par ailleurs, la détermination de la taille exacte en dessous de laquelle le confinement quantique devient prépondérant dans différents matériaux n'est pas chose facile. De plus, appliquer cette méthodologie à des nanomatériaux complexes tels que les nanocomposites ou les films et les couches mésoporeux peut se révéler difficile. Si l'on prend ce modèle comme base, l'interprétation de la dimension zéro pour les points quantiques est plus intelligible.

Pour la méthodologie dimensionnelle, bien qu'elle ne présente pas les difficultés mentionnées ci-dessus pour l'affectation des dimensions, elle ne rend pas compte de l'importance du confinement quantique, qui a des effets indéniablement remarquables sur les diverses propriétés des nanomatériaux. L'approche dimensionnelle est la méthode privilégiée choisie dans le présent Rapport technique. Il est encore une fois nécessaire de mentionner que l'«arbre-nano» présenté ici peut ne pas couvrir la totalité des nanomatériaux, mais que, grâce à l'approche systématique utilisée dans ce système de classification, il est possible de

développer et de mettre en œuvre des étapes complémentaires à la méthode actuelle afin d'accomplir cette tâche très importante.

La Figure 1 illustre les divers éléments de l'«arbre-nano». Comme le montre la Figure 1, l'arbre comprend quatre colonnes principales. Après avoir classé les divers nanomatériaux en fonction de leurs dimensions dans la première colonne, ceux-ci sont ensuite répartis en fonction de leur structure interne/externe dans la deuxième colonne. À l'étape suivante, les nanomatériaux sont répartis en fonction de leur nature/identité chimique et la dernière étape reprend leurs comportements et propriétés divers (par exemple électroniques, chimiques, mécaniques et biologiques). Il convient d'ajouter que les informations concernant les applications commerciales possibles des nanomatériaux spécifiques, fondées sur leurs propriétés présentées, pourraient être développées sous un format identique à celui de l'«arbre-nano».

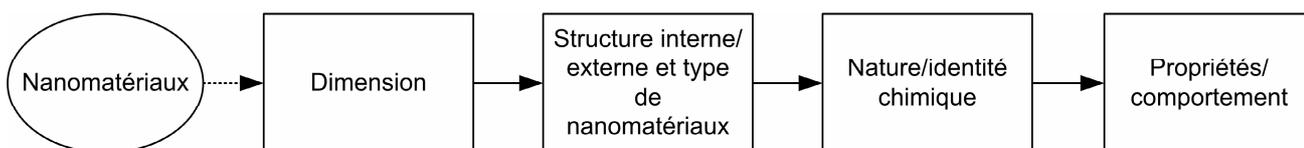


Figure 1 — Diagramme simplifié de l'«arbre-nano» fondé sur l'approche dimensionnelle

3 Description détaillée de l'«arbre-nano»

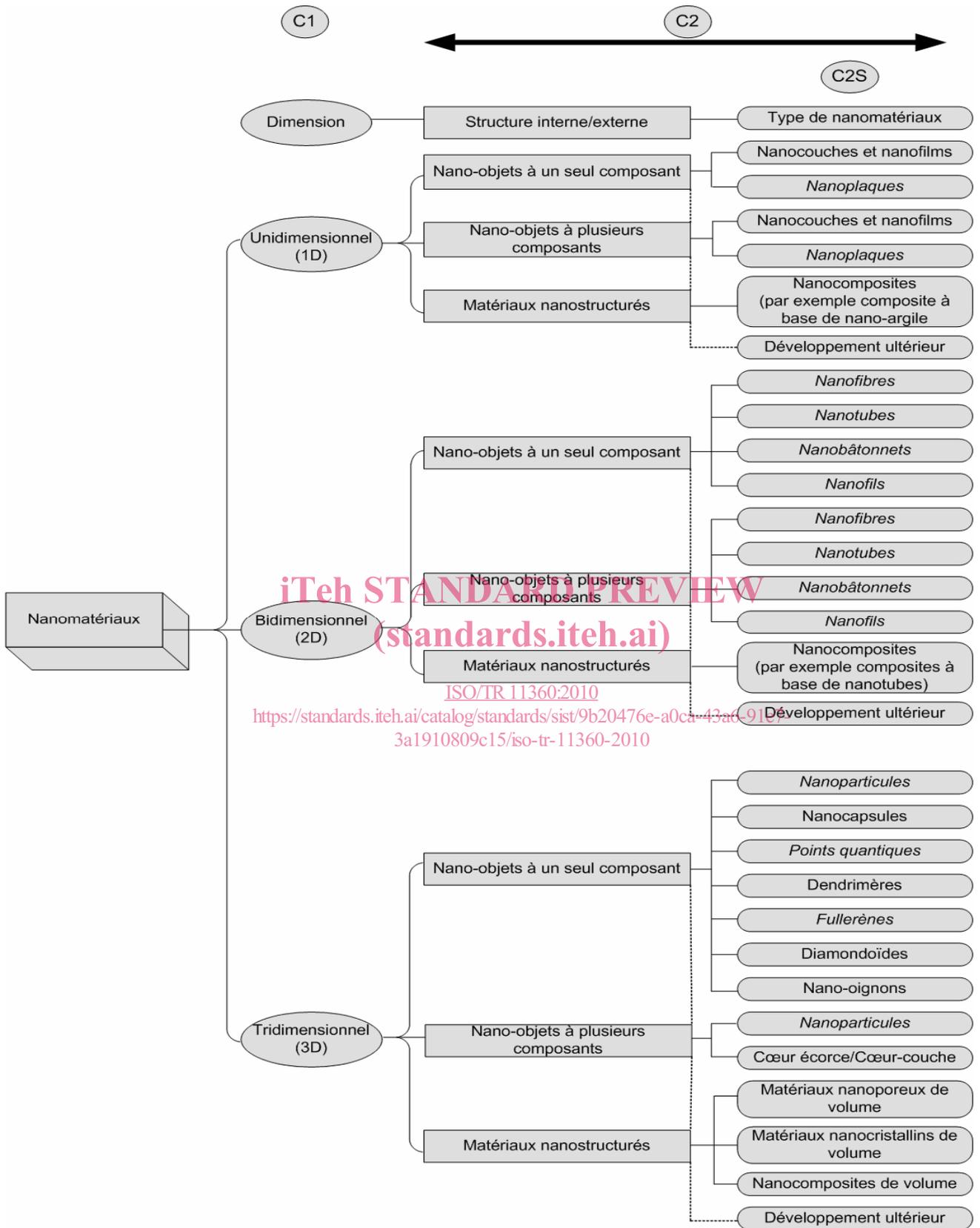
La Figure 2 illustre les deux premières colonnes constitutives de l'«arbre-nano», présentées comme C1 et C2. Dans la colonne C1, les nanomatériaux sont classés en matériaux unidimensionnels (1D), bidimensionnels (2D) et tridimensionnels (3D). Dans la colonne C2, chacune de ces classes est subdivisée en nano-objets à un seul composant ou à plusieurs composants ou en matériaux nanostructurés. Ici, un nano-objet à plusieurs composants est considéré comme un objet composé de zones ou de régions présentant des fluctuations structurales et chimiques locales, identifiables. Par ailleurs, peuvent également être appelés matériaux nanostructurés en 1D, 2D et 3D des nanostructures constituées de nano-objets unidimensionnels, bidimensionnels et tridimensionnels ou présentant un certain nombre de caractéristiques discrètes à l'échelle nanométrique. En outre, la Figure 2 présente divers types de nano-objets et de nanostructures dans leurs positions attribuées dans la sous-colonne suivante, C2S. Les cas de figure présentés ici sont simplement quelques exemples types de la manière dont les colonnes peuvent être remplies. Pour les développements ultérieurs, une case représentative sera utilisée pour satisfaire à cet objectif (avec des lignes en pointillé dans l'«arbre-nano» pour signaler les zones d'extension potentielle afin de tenir compte des développements ultérieurs). En outre, comme indiqué précédemment, avec la méthodologie dimensionnelle (D), la distinction entre nano-objets en 1D, 2D et 3D est liée à la dimension spatiale. À cet égard, dans un souci de simplification, d'autres cas tels que les nanoplaques bidimensionnelles ou les nanotubes tridimensionnels ne figurent pas à ce stade dans l'«arbre-nano».

Les Figures 3 et 4 illustrent, respectivement, également les colonnes C3 et C4 de l'«arbre-nano». Comme le montre la Figure 3, la colonne C3 est dédiée à la classification de nano-objets et de nanostructures préalablement subdivisés en fonction de leur identité/nature chimique. À cet effet, ceux-ci sont classés en matériaux métalliques, céramiques, polymères synthétiques ou naturels, matériaux semi-métalliques, à base de carbone ou organiques (voir Figure 3). Cette distinction souligne le fait qu'il convient de ne pas ignorer, en plus de la dimension, l'effet de la nature chimique ou du type de liaison sur les propriétés globales des nanomatériaux. Il convient de mentionner que les nanocomposites pourraient contenir au moins deux composants de la colonne C3 ou plus. Divers types de nanocomposites constitués de différents types de nano-objets et de nanostructures présentant des dimensions et une identité chimique différentes dans une matrice connue, pourraient d'ailleurs être inclus dans la case nanocomposite en regard de la colonne C3. La dispersion d'une nano-argile en 1D (nano-objet céramique) dans une matrice polymère peut, par exemple, être considérée comme un nanocomposite céramique/polymère en 1D. Dans un autre exemple, une dispersion de TiO₂ en 2D, nano-objet céramique (voir Référence [11]) dans une matrice organique peut être considérée comme un nanocomposite céramique/organique en 2D. Néanmoins, il est possible qu'il y ait certains matériaux que l'«arbre-nano», dans sa disposition actuelle, ne permet pas de classer.

La colonne C4 de l'«arbre-nano» présentée à la Figure 4 indique les diverses propriétés physiques, mécaniques, chimiques, biologiques correspondantes ainsi que les propriétés combinées des nanomatériaux. Celles-ci ont été sélectionnées en fonction de leur apparition dans les publications scientifiques, de la conviction que les nanotechnologies permettent de tirer parti de ces propriétés ou de les valoriser, ainsi que de leur pertinence en sciences des matériaux. Des propriétés clés peuvent ainsi être utilisées pour classer un nano-objet particulier et une nanostructure particulière. Parmi les propriétés physiques considérées dans cette étude figurent les propriétés magnétiques, électriques, optiques, thermiques et acoustiques. Sont également à prendre en considération pour le catalogage des nanomatériaux, les propriétés combinées suivantes: magnéto-optiques, électro-optiques, piézoélectriques, pyroélectriques, thermoélectriques et électromagnétiques. Les propriétés susmentionnées sont ensuite décomposées en fonction de leurs divers paramètres et caractéristiques mesurables. Elles sont présentées aux Figures 5 à 27. Cependant, l'objet du présent Rapport technique n'est pas, en réalité, de quantifier actuellement chacune des propriétés mentionnées, mais plutôt de classer les nanomatériaux proprement dits. Il est reconnu qu'une classification qualitative exigerait le plus souvent le développement d'une terminologie commune ainsi que la mise au point de méthodes d'essai afin d'établir une classification. Même la question apparemment toute simple de la manière de mesurer la dimension d'une nanoparticule est très délicate dans ce contexte. Il sera ainsi toujours nécessaire d'élaborer des définitions appropriées et des techniques de mesure normalisées avant que ce système de classification ne puisse donner toute sa mesure.

4 Conclusion

Comme indiqué précédemment, l'«arbre-nano» décrit la manière dont sont appréhendées à l'heure actuelle la structure et les interrelations des nanomatériaux, et constitue un moyen de les classer. Il utilise les dimensions spatiales et des propriétés fonctionnelles clés pour différencier les nanomatériaux et montrer les relations entre eux. L'utilité d'un tel système se révèle, par exemple, en ce qu'il permet d'identifier des applications commerciales dont la réussite dépend d'une ou de plusieurs sous-catégories de propriétés, et associe cette information au type de nanomatériau(x) présentant la ou lesdites propriétés. Il est de plus utile pour répertorier les divers types de nanomatériaux afin que le public comprenne les différents types de produits qui sont utilisés et pris en compte pour l'élaboration des normes. L'«arbre-nano» constitue ainsi également un outil de communication. Il est destiné à être révisé et développé au fur et à mesure de l'évolution du domaine des nanotechnologies, sans toutefois exclure l'utilisation d'autres systèmes de classification tout aussi légitimes dans ce domaine.



NOTE La sous-colonne C2S fournit des exemples de nanomatériaux types pouvant être classés en fonction de la dimension et des structures internes et externes.

Figure 2 — Classification des colonnes de nanomatériaux en fonction de la dimension et des structures internes et externes

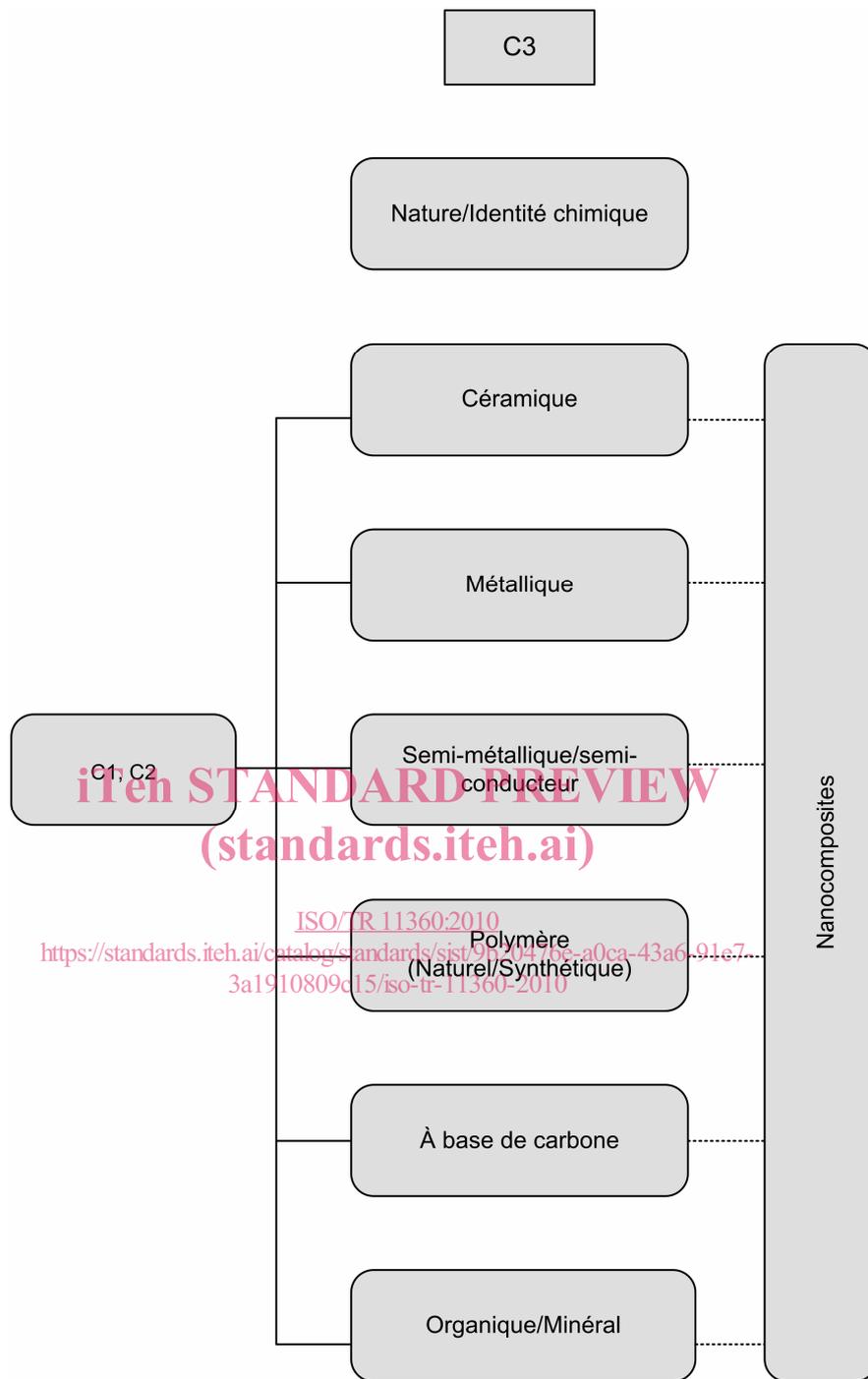
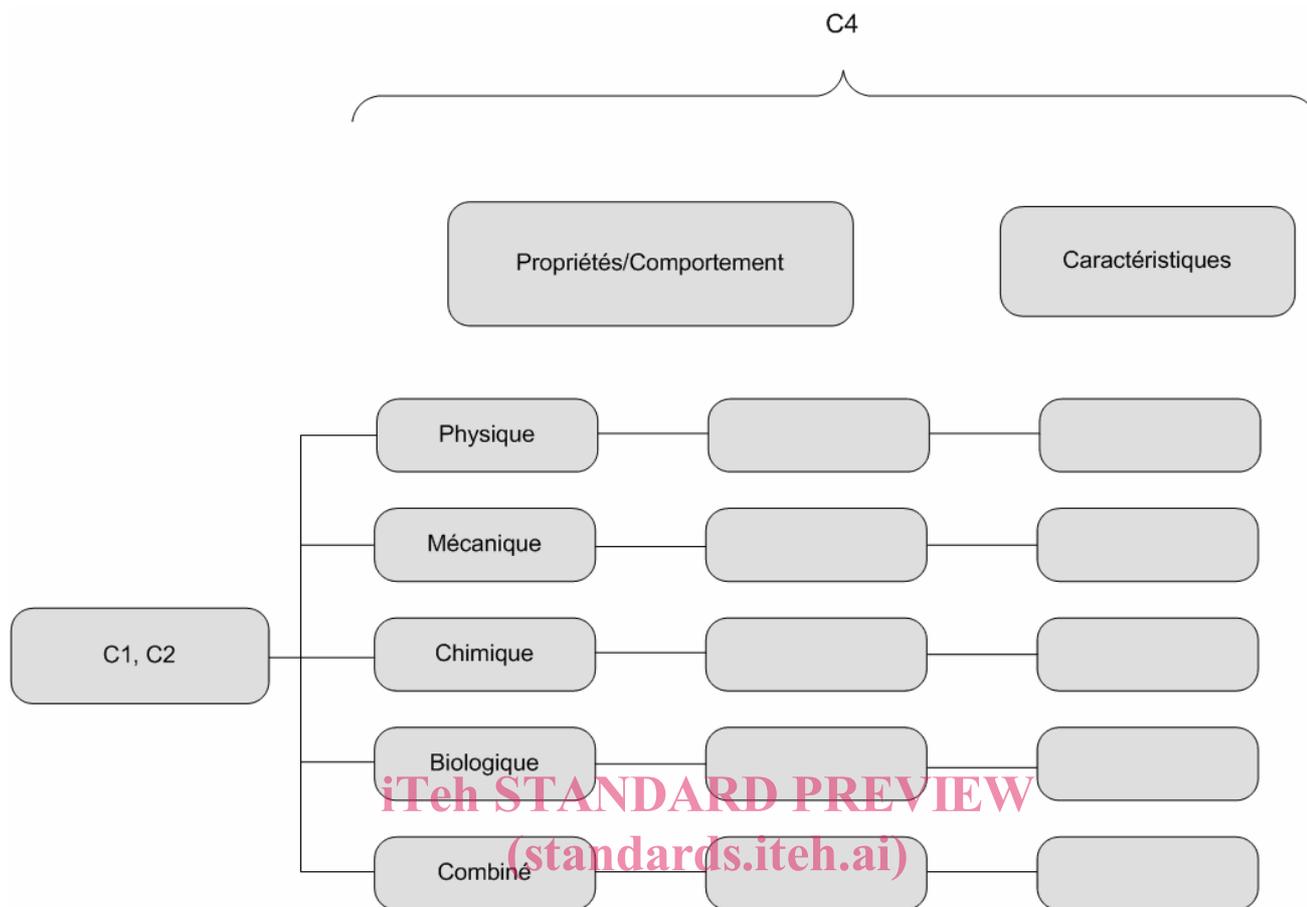


Figure 3 — Classification complémentaire des colonnes C1 et C2 en fonction de la nature/l'identité chimique



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 11360:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9b20476e-a0ca-43a6-91e7-5a17f809c153-8-11360-2010>

Figure 4 — Classification complémentaire des colonnes C1, C2 et C3 en fonction des propriétés/du comportement et des caractéristiques